

ПОСЛЕДИПЛОМНОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Ю . А . Молнн

СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ ОЦЕНКА

СИЛЫ ТУПОЙ ТРАВМЫ ,
ВЫЗЫВАЮЩЕЙ МЕХАНИЧЕСКИЕ
ПОВРЕЖДЕНИЯ

Учебное пособие для врачей-слушателей
и судебно-медицинских экспертов

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
Издательский дом СПбМАПО
2003

ББК 58
М 7 5

Рецензент — доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И. И. Мечникова А. А. Матышев.

Пособие подготовлено на кафедре судебной медицины с курсом вещественных доказательств СПбМАПО (заведующий — доктор медицинских наук, доцент И. Н. Иванов) и в Ленинградском областном бюро судебно-медицинской экспертизы (начальник — доктор медицинских наук, профессор Г. И. Заславский).

О. Ю. А. МОЛНН, 2003 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие заслуженного врача Российской Федерации, доктора медицинских наук, профессора кафедры судебной медицины СПбМАПО Ю.А.Молина посвящено важному и интересному вопросу — устойчивости тканей человека к различным механическим воздействиям, в частности, действию предельных физических нагрузок, и их судебно-медицинской оценке.

Ученых давно интересовали физические свойства тканей человека. П.Ф.Лесгафт в 1892 году посвятил механическим свойствам кости специальную работу. Messerer (1880), Rulsen (1898), Rauber (1876) приводят данные об устойчивости компактного вещества кости к различным видам деформации. Некоторые авторы (Denster, Liddicoat, 1972) при испытании на растяжение и сжатие фрагментов компактного вещества бедренной, плечевой и большеберцовой костей в продольном, тангенциальном и радиальном направлениях обнаружили, что предел прочности и коэффициент эластичности значительно больше, если направление действия нагрузок совпадает с продольной осью этих костей. По мнению Palma, Patriarca (1976), изучивших твердость и эластичность структур трубчатых костей, компактная кость по физическим свойствам занимает промежуточное положение между металлами и пластическими массами. Несовершенные методики, отсутствие фундаментальной теоретической базы, отрыв от механики и математики не позволили до 80-х годов XX века получить удовлетворительные результаты по прочности тканей.

Вопросы устойчивости тканей по отношению к физическим нагрузкам в настоящее время приобретают все возрастающее значение. Это происходит из-за того, что человек в силу овладения им природой нередко попадает в необычные условия, когда ему приходится испытывать и невесомость, и перегрузки, и травмы. При тренировках спортсмены попадают в ситуации, когда организм их должен адаптироваться к экстремальным нагрузкам.

Новая отрасль науки — биосопромат, которая формируется на стыке биологии, математики и физики, сейчас переживает бурное становление. Исследователи собирают фактический материал, анализируют его, выявляют закономерности. Нет сомнения в том, что

скоро наступит время, когда научные данные, полученные биосопроматом, войдут в руководства соответствующих медицинских дисциплин.

Одним из вопросов, которые ставятся перед судебно-медицинскими экспертами при исследовании повреждений, причиненных тупыми предметами, является вопрос о силе удара, причинившего повреждения. Обычно эксперты оценивают силу удара приблизительно как «большую» или «небольшую», изредка прибегая в этих целях к математическим расчетам, рекомендованным при некоторых повреждениях. Указанный вывод иногда вызывает возражения юристов, полагающих, что такая формулировка не является научно обоснованной и носит бытовой характер. Это утверждение используется юристами для дискредитации заключения судебно-медицинского эксперта, если оно их почему-либо не устраивает. Подобная оценка вывода эксперта о силе удара неверна, так как, указывая на большую или небольшую силу удара, он руководствуется судебно-медицинскими данными о механизме и условиях возникновения повреждений, а также своим специальным опытом. Именно поэтому следователь или другое лицо, не являющееся специалистом в области судебной медицины, не в состоянии самостоятельно судить по особенностям повреждений о силе причинившего их удара на бытовом уровне.

Следует, однако, признать, что указанная оценка судебно-медицинским экспертом силы удара является весьма субъективной, что снижает ее доказательное значение. Между тем судебными медиками накоплен экспериментальный и экспертный материал, который позволяет конкретизировать силу удара и дать ей в определенных границах количественную оценку.

Данные, отражающие прочность тканей человека, фрагментарны, рассеяны по различным монографиям, статьям. Профессор Ю.А.Молин взял на себя нелегкий труд обобщить этот, в значительной части, теоретический материал, систематизировать его с учетом большого опыта работы судебно-медицинским экспертом. Пособие с успехом может быть использовано не только судебно-медицинскими экспертами, врачами других специальностей, но и юристами.

М.Д.Мазуренко

Председатель Правления Санкт-Петербургского
научного общества судебных медиков, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

При производстве судебно-медицинских, в том числе медико-криминалистических экспертиз механических травм, особенно в случаях нанесения их тупыми предметами и транспортом, установление силы ударного либо компрессионного воздействия имеет большое значение для реконструкции обстоятельств происшествия, проверки версий, выдвигаемых его участниками и следователем. Поэтому этот вопрос часто становится на разрешение экспертов. Однако из-за недостаточной осведомленности о результатах научных разработок проблемы он ими фактически не решается, так как суждения в виде «повреждения причинены с большой либо небольшой силой» (как правило, при обсуждении возникновения кровоподтеков и ссадин встречается первый вариант предположения, при переломах костей – второй) или «с силой, достаточной для их образования» юристов не удовлетворяют, что является основанием к назначению дополнительных и повторных экспертиз.

При установлении силы воздействия по характеру и объему травмы необходимо руководствоваться: учением о разрушении материальных тел, прочностными характеристиками тканей человека, свойствами орудия травмы, механогенезом повреждений, имея в виду приведенные ниже данные, которые, при одинаковых исходных условиях существенно влияют на конечный результат воздействия.

Динамическое воздействие (удар) – кратковременное (менее 0,1 секунды) взаимодействие травмирующего предмета с телом человека. Чем короче время соударения, тем больше энергии передается поражаемой части тела и тем больше объем повреждений.

Статическое воздействие (сдавление) – взаимодействие тела или его части с двумя массивными твердыми предметами, движущимися навстречу друг другу. В отличие от удара, статическое сдавление может продолжаться несколько секунд или минут.

Ударное воздействие бывает высокоскоростным (в течение нескольких миллисекунд), когда деформация не успевает распространиться на весь объем объекта, и в месте удара возникают местные деформации, что сопровождается локальным разрушением. В экспертной практике такой вид воздействия наблюдается при огнестрельных повреждениях

Среднескоростные удары (0,1-0,01 секунды) – действие твердого тупого предмета, приведенного в движение рукой человека, выступающими частями движущегося транспорта, или при падении с высоты. Объем повреждений в этих случаях будет зависеть от массы и размеров травмирующего предмета. При ударах ограниченным предметом, кроме локальных переломов, формируются и локально-конструкционные. При значительной массе ударяющего предмета к этим переломам присоединяются конструкционные за счет общей деформации.

В экспертной практике наблюдаются и ситуации, когда тело или часть тела человека повреждается от динамического сжатия между твердыми предметами с широкой поверхностью, а время воздействия укладывается в параметры среднескоростного удара. Это воздействие следует обозначить как «ударное сжатие» [Шадымов А.В. и др., 2000].

Объем травматизации, как правило, определяется не общей величиной кинетической энергии воздействующего материального тела, равной половине произведения его массы, умноженной на квадрат скорости ($E = mv^2/2$), а лишь той ее частью, которая поглощается биологическим объектом. Так, например, при падении с высоты телу передается вся кинетическая энергия, а при сквозном пулевом ранении – лишь часть ее. Кроме того, объем травматизации будет тем больше, чем короче время передачи им энергии объекту. Факторами, которые удлиняют это время, и, следовательно, резко снижающими объем травматизации, являются:

- способность преграды к деформации. Так, при ударе в область, где под кожей находится кость, изменения мягких тканей будут меньше, чем при воздействии такой же кинетической энергии в податливую стенку живота либо в части тела, где подлежат мышцы и жировая ткань,

- способность к деформации контактирующей поверхности травмирующего орудия. При ударе предметом с твердой поверхностью объем травматизации будет большим, чем при ударе с такой же силой орудием, способным деформироваться, напри-

мер, при падении на асфальтобетонное покрытие либо мягкий грунт; при ударе металлическим предметом либо кулаком;

- величина инерции покоя подвижного травмируемого тела либо его части, не имеющих точки опоры – чем масса их меньше, тем легче они смещаются по направлению ударного воздействия, удлиняя время передачи энергии;

- угол воздействия травмирующего орудия на преграду – чем он меньше прямого, тем большая часть энергии расходуется на трение и время ее передачи объекту удлиняется;

- поглощение энергии многослойной одеждой, экранирующей область травматизации. Так, по данным А.П. Громова (1979), шапка толщиной 1,5 см поглощает и рассеивает почти половину кинетической энергии, снижая эффект травматизации.

Локальный субстрат травматизации определяется не столько общим объемом поглощенной кинетической энергии, сколько ее величиной, приходящейся на единицу площади, т. е. удельной силой удара, которая выражается формулой

$$F = m^{\wedge} / At,$$

где A – площадь воздействия (в см^2), а t – время передачи энергии (в секундах). Следовательно, чем меньше площадь и короче время передачи энергии, тем больше выражен локальный след травматизации. Формула объясняет, например, почему при повешении с рывком в узких петлях и при плавном – в широких петлях возникают столь различные странгуляционные борозды – резко вдавленные осадненные в первом случае, слабо осадненные, практически не различимые, быстро исчезающие – во втором [Молнн Ю А., 1996]

Таким образом, ввиду многообразия трудно учитываемых факторов, характеризующих свойства орудия, механогенез повреждений, а также вариабельность прочностных характеристик тканей у лиц разного пола и возраста, точно установить силу внешнего воздействия по объему травматизации затруднительно, что, однако, не может служить основанием к отказу от решения этого вопроса, хотя бы в вероятной форме

Величину кинетической энергии выражают в единицах международной системы СИ:

- массу, т. е. воздействие, которое тело оказывает на опору вследствие тяготения к земле – в килограммах (кг);

- силу, т. е. величину, являющуюся мерой механического взаимодействия тел, – в ньютонах (Н). Сила в 1 Н сообщает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с²,

– механическую работу силы в 1 ньютон, затрачиваемую на перемещение тела массой 1 кг на 1 метр, – в джоулях (Дж).

Соблюдая требования «Правил» о понятности суждений в экспертной документации, допустимо выражать в килограммах не только сдвиг тела (компрессию), но и силу удара, имея в виду, что 10 ньютонов равны 1 кгс.

А.В.Капустиным (1999) предложена четырехступенчатая градация силы ударов: небольшая – до 16 кгс, значительная – до 196 кгс, большая – до 490 кгс; очень большая – более 490 кгс.

В монографической и периодической, анатомической и судебно-медицинской литературе опубликованы результаты экспериментальных исследований и наблюдений из экспертной практики, которые можно использовать при решении вопроса о силе внешнего воздействия, исходя из характера, объема, механизма и обстоятельств травматизации лиц разного пола и возраста с учетом индивидуальных особенностей: телосложения, физического развития, питания, наличия либо отсутствия болезненных изменений в очагах травматизации.

АНАТОМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОЖИ

Кожа образует прочный покров, защищающий подлежащие ткани от повреждений. В коже различают эпидермис – эпителиальную часть и соединительнотканную – собственно кожу (дерму). С подлежащими тканями кожа связана при помощи подкожной жировой клетчатки. Эпидермис представлен многослойным плоским ороговевающим эпителием, на поверхности которого обнаруживается рисунок определенной формы. Эпидермис состоит из 5 слоев. Внутренний слой, непосредственно прилегающий к соединительной ткани, называется базальным, за ним располагаются шиповатый, зернистый, блестящий и роговой. Остановимся лишь на некоторых особенностях строения, которые имеют значение для сопротивляемости кожи механическим воздействиям. С этой точки зрения представляет интерес базальный слой, характерной особенностью которого является наличие тонофибрилл, представляющих опорный аппарат, защищающий клетки от механического сжатия.

Блестящий слой состоит из 3–4 рядов клеток, претерпевающих стадию ороговения. Тела клеток заполнены особым блестящим веществом – элаидином. В блестящем слое границы кле-

ток четко не определяются, а их ядра не обнаруживаются. Роговой слой представляет собой прочный, упругий панцирь, как бы одевающий весь организм. Поверхностные клетки рогового слоя постепенно слущиваются и заменяются новыми, происходящими из нижележащих слоев. Процесс ороговения на различных участках кожи совершается неодинаково [Быков В.А., 2001].

Соединительнотканная часть кожи разделяется на два нечетко разграниченных слоя: подэпителиальный или сосочковый, и сетчатый. Последний без резкой границы переходит в подкожный слой соединительной ткани, который связан с подлежащими частями. В сосочковом слое хорошо развиты мышечные элементы, а также выражены эластические структуры. Подкожная жировая клетчатка состоит из отдельных долек. Одной из функций жировой клетчатки является обеспечение подвижного прикрепления кожи к подлежащим тканям. Кожа смещается при движениях тела и конечностей, при этом жировая клетчатка предохраняет ее от механических повреждений.

А.А.Заварзини С.И.Щелкунов (1954) считают, что прочность кожи зависит главным образом от структуры сетчатого слоя, который беден клеточными элементами, содержит жировые клетки и имеет специфические особенности строения в разных анатомических областях. Определением некоторых механических свойств кожи занимались А.Н.Михайлов (1958), Н.В.Григорьева (1963). Большинство авторов определяли относительное удлинение и предел прочности кожи. Кожа с разных участков тела имела различную степень растяжимости, причем наиболее растяжимой оказалась ткань, взятая из эпигастральной области. Авторы сделали вывод об определяющей роли коллагена в проявлениях пластических свойств кожи при нагрузке.

Имеются заболевания, при которых значительно увеличивается смещаемость кожи. При этом в эластической ткани наблюдаются явления гиперэластоза. Кожа легко рвется, что имеет место при несовершенном десмогенезе (*desmogenesis imperfecta*). При этом недостаточно развиты коллагеновые структуры, связывающие кожу с подкожной клетчаткой.

Для выяснения упруго-вязких свойств кожи А.С.Обысов и В.В.Милацкая (1973) подвергли испытанию участки, взятые из области шеи, груди и живота. Определение сопротивляемости кожи растяжению проводилось на машине МФ-100. Ниже приведены полученные данные.

Наименьшей сопротивляемостью разрыву (от 0,2 до 0,8 кг/мм:) и наименьшей растяжимостью (от 46 до 136%) обладает кожа шеи. Результаты показывают, что наиболее растяжима кожа живота детей в

возрасте 5–9 лет (135–136%), наименьшим относительным удлинением обладает кожа шеи лиц в возрасте 61 года и старше. Предел прочности кожи, взятой из любой области туловища, заметно снижается после 20–35 лет. Физико-механические свойства кожи зависят от морфологического ее строения. Отмечено, что чем больше коллагеновых пучков располагается в направлении действия нагрузки, тем выше ее сопротивляемость.

На гистологических препаратах в соединительнотканном слое кожи новорожденных можно видеть тонкие коллагеновые волокна, отстоящие на сравнительно большом расстоянии друг от друга, причем извилистость их не выражена. Между ними много клеточных элементов. Извилистые волокна тонкие, мало извитые, расположены в разных направлениях. С возрастом количество волокнистых структур увеличивается, коллагеновые пучки утолщаются, четкой становится извилистость эластических волокон, которые повторяют ход коллагеновых. После 9 лет строение волокнистых структур мало отличается от такового у взрослых. Кожа эластична и легко растяжима. Нарастание и уплотнение волокнистых структур продолжается до 30–35 лет. После 60 лет толщина дермы уменьшается, коллагеновые волокна становятся тоньше и количество их уменьшается.

После приложения механической нагрузки к коже на препарате под микроскопом коллагеновые пучки изменяют свое направление в сторону приложения механической нагрузки, сами пучки утолщаются и распрямляются. Из эпигастральной области авторы брали поперечные и продольные полоски кожи. При взятии поперечных полосок стремились к тому, чтобы они совпадали с линиями Лангера. Оказалось, что продольные фрагменты кожи требуют большей нагрузки на разрыв (почти в 3 раза), чем поперечные. Кожа, взятая от трупов женщин, оказывает примерно в 1,2–1,6 раза меньшее сопротивление при растяжении и требует меньшей силы для разрыва, чем кожа мужчин.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ КОЖИ И ДРУГИХ МЯГКИХ ТКАНЕЙ

Для образования ссадин и царапин, возникших при касательном воздействии твердой широкой либо узкой шероховатой поверхности, достаточно минимальной силы в пределах 1–3 кгс, такие ссадины с кровоподтеками обычно не комбинируются

Внутрикожные кровоподтеки, сочетающиеся либо не сочетающиеся с осаднением, возникают при ударах с силой до 15–16 кгс, при силе удара 20 кгс и более они сопровождаются кровоизлияниями в подлежащие ткани, размятием и отслойкой подкожной жировой клетчатки, а также надрывами мышц — тем обширнее, чем больше сила удара.

При силе удара более 196 Н образуются локальные разрывы и разможнения мышечной ткани. Такие повреждения являются пограничными между ударами небольшой силы, о которой можно говорить лишь при небольших размерах этих повреждений, и ударами значительной силы, о которой и должен быть сделан вывод при всех более крупных повреждениях. О значительной силе удара свидетельствует образование разможнения подкожной жировой клетчатки и отслоения кожи, что происходит при силе удара более 196 Н. При еще большей силе удара (более 313 Н) образуются повреждения внеорганных магистральных сосудов [Крюков В.Н., 1977].

Разрывы тканевых (органных) артерий (которые в 1–1,5 раза эластичнее магистральных артерий и аорты), возникают при удельной силе удара 0,15–0,2 кг на 1 мм², т. е. на несколько порядков меньше, чем кожи, прочность которой на разрыв колеблется от 1 до 3,7 кг на 1 мм². Поэтому для образования ран от перерастяжения кожи длиной в несколько сантиметров необходима сила в десятки кгс. Энергия, необходимая для причинения ушибленных ран, сильно варьируется и определяется анатомическими особенностями травмируемой области, свойствами орудия и величиной удельной силы удара [Шалаев Н.Г., 2001].

При ударах ребром твердого предмета с силой нескольких десятков килограммов по коже волосистой части головы или плоским предметом в проекции костных выступов (края орбиты, зубы, большеберцовая кость, гребень подвздошной кости), образуются ушибленные линейные раны, воспроизводящие контактирующие части орудия либо контуры костного выступа. При установлении силы удара твердым тупым предметом, необходимой для образования ушибленной раны головы, следует обращать также внимание на наличие либо отсутствие следов травматизации подлежащих костей, компактный слой которых вдавливается либо растрескивается (сначала изнутри) при воздействии 20–30 кг на 1 мм². Ветвящиеся ушибленные раны с диффузным осаднением кожи головы, которые характерны для ударов плоской твердой поверхностью, возникают при ударах с силой около 100 кг и более. При экспертной оценке силы удара по голове следует иметь

в виду, что при скорости соударения 0,0001 секунды, даже при наличии переломов подлежащих костей раны кожи не возникают, так как «они не успевают образоваться» [Громов А.П., 1979]. Такие раны не возникают и при соударении с меньшей скоростью, если зона травматизации была экранирована головным убором либо толстым слоем густых волос.

Таким образом, при наличии кровоподтеков и ран суждение о силе удара возможно лишь при условии исследования морфологических особенностей очага травматизации, учета экранирования его одеждой, свойств орудия и механизма воздействия.

Следует иметь в виду, что при некоторых видах механических воздействий, влекущих причинение вреда здоровью и даже смертельный исход, наружные морфологические следы травматизации могут отсутствовать. Так, при длительном сдавлении груди и живота с силой 80-100 кг, нарушаются либо прекращаются дыхательные экскурсии грудной клетки и отчасти диафрагмы; для прекращения тока крови из мозга по яремным венам необходимо усилие 0,5-1 кг, для блокады кровотока по сонным артериям – локальное давление с силой 3-5 кг, по позвоночным артериям – 15-20 кг, а для сдавления просвета трахеи – 10-15 кг [Попов Н.В., 1938; Концевичи.А., 1968; МолинЮ.А., 1996 и др.].

Конкретных данных по прочностным характеристикам других тканей крайне мало. Так, по данным литературы, фактор пола мало влияет на характеристики механических свойств мягкой биологической ткани (пищевода, трахеи) [Михелсон М.О. и др., 1985; Ванагс Н.Э. и др., 1990; Yamada H., 1970 и др.]. Значения механических характеристик, полученных вышеуказанными авторами на влажных образцах ткани пищевода, достаточно близки к свойствам живой ткани. Деформацию пищевода в виде полоски измеряли методом фотографирования перемещений меток. На фото пленке регистрировали расстояние между метками до нагружения и при разных последующих ее уровнях до разрушения образца. Стенка пищевода по окружности деформируется больше, но разрушается при более низких нагрузках, чем в продольном направлении. На это указывает то, что разрушающая деформация в окружном направлении в среднем на 16,1% больше, чем в продольном. Наивысшие показатели механических свойств стенки установлены для шейного отдела пищевода. Так, среднее разрушающее напряжение в шейном отделе на 67,3 и 48,1% выше, чем соответственно в грудном и брюшном его отделах. При старении разрушающее напряжение уменьшается. Так, в возрастной группе от 20 до 45 лет

оно составляет на 57,9% выше, чем в возрасте 75–90 лет. Средняя разрушающая деформация при эзофагите в среднем на 34,5% ниже, чем тот же показатель в норме.

Знания о прочности связок имеют большое значение не только в спортивной медицине для профилактики растяжений или разрывов, но они представляют интерес и для судебных медиков. Предел прочности связок коленного сустава у людей в возрасте 15–20 лет колеблется от 1,2 до 2,1 кг/мм², 21–40 лет – от 1,1 до 1,9 кг/мм², 41–54 лет – от 0,7 до 1,3 кг/мм². Наиболее крепкая связка – боковая большеберцовая.

Любопытные сведения получены о прочности хрящей. Так, для разрушения реберного хряща у людей в возрасте 15–20 лет требуется нагрузка 13–14 кг/см², в возрасте 21–30 лет – 10–11 кг/см². У людей, которым за 50 лет, реберные хрящи выдерживают в 3 раза меньшую нагрузку. Это объясняется тем, что после 35 лет хрупкость хряща увеличивается в результате его обызвествления.

Несколько слов о прочности сухожилий. Они состоят из особо прочных коллагеновых волокон. Чем длиннее сухожилия, тем на большее расстояние передается действие мышечного сокращения. Они отличаются большой крепостью. Так, например, сухожилия длинной ладонной мышцы выдерживают до 10 кг, подошвенной – до 12 кг, трехглавой мышцы голени – 400 кг. Сухожилие четырехглавой мышцы бедра способно выдержать нагрузку в 600 кг [Обысов А.С., 1971 и др.].

АНАТОМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОСТИ. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕЛОМОВ

Кость является сложным соединением и представлена межклеточным веществом, составляющим основную ее массу и определяющим физические и биомеханические свойства. Межклеточное вещество состоит из органической и неорганической основы. Органические вещества составляют 30% костной ткани, неорганические – 60% и 10% – вода. Из органических соединений на долю основного белка кости – коллагена, приходится 95%. Неорганическая основа представлена минеральным веществом – кристаллами гидроксилапатита. Незначительная часть приходится на В-трикальций фосфат и карбонат-апатит. Кристаллы гидроксилапатита имеют большую активную поверхность, которая для одного

грамма кости составляет до 250 м², а для всей костной ткани скелета – около 2 км². Прочность гидроксипатита на разрыв достигает до 70 кгс/см².

Функционально ведущей тканью кости служит пластинчатая ткань, снаружи и со стороны костномозговой полости покрытая соединительнотканными оболочками. В кости различают компактное (кортикальное) и губчатое (трабекулярное) вещество, плавно переходящие друг в друга. Последнее вещество легкое (20 % массы скелета), мягкие ткани составляют в нем 75 % объема. Оно состоит из трехмерной сети анастомозирующих трабекул, разделенных пространствами, содержащими костный мозг. Такое строение придает органу высокую прочность при небольшой массе. Компактное вещество (80 % массы скелета) тяжелое, плотное, мягкие ткани занимают в нем 10 % объема. Оно образует диафизы длинных трубчатых костей, наружный слой других костей. Метаблически оно гораздо стабильнее губчатого и в меньшей степени подвергается изменениям при старении [Быков В.Л., 2001].

Максимум массы костной ткани достигается к 25 годам, затем процессы резорбции начинают превышать ее новообразование. К старости у мужчин теряется до 15 % кортикальной и до 45 % трабекулярной кости, у женщин – соответственно до 30 % и 50 %. Кости при этом становятся ломкими, легко деформируются (особенно в позвоноках, предплечье, шейке бедра). Остеопороз выявляется у 30–80 % людей в возрасте 70–80 лет, особенно у женщин. Снижение нагрузок на кость при иммобилизации вызывает уменьшение ее массы на 10–20 % за 3–6 недель [Быков В.Л., 2001].

Определение механизмов переломов связано с комплексным подходом к изучаемой проблеме: исследование физических свойств костной ткани, анализ закономерностей деформации и разрушения с учетом структурных и геометрических особенностей костей, моделирование переломов в заведомо известных условиях и сопоставление полученных данных с экспертными наблюдениями.

Закономерности деформации костей были выявлены методом электротензометрии с использованием датчиков омического сопротивления и соответствующей регистрирующей аппаратуры, что позволило составить картину распределения силовых напряжений в отдельных костях и в костных комплексах; выделить критические участки с максимальными напряжениями, локализация которых зависит от формы объектов и направления внешнего воздей-

ствия, а также установить направление напряжений, ответственных за начало разрушения и последующее формирование перелома [Крюков В.Н., 1966; Семенников В.С., 1972; Янковский В.Э., 1974; Плаксин В.О., 1976; Саркисян Б.А., 1977 и др.].

Несмотря на кратковременность развития перелома, это явление проходит ряд промежуточных этапов. Поэтому механизм образования переломов следует рассматривать как процесс воздействия внешней силы на кость, сопровождающийся ее деформацией с развитием внутренних напряжений, вызывающих дислокацию костных структур с последующим зарождением, ростом и распространением трещин, приводящих к нарушению ее целостности [Янковский В.Э., Саркисян Б.А., 2001].

Под воздействием внешних сил кость подвергается деформации с развитием трех видов напряжений: растяжение, сжатие и касательные напряжения. Разрушение может идти по хрупкому или пластическому типу. В природе нет абсолютно хрупких или пластических тел. Преобладание хрупкого или пластического типов разрушения зависит от свойств материала и скорости нагружения. То и другое разрушение всегда начинается с разной степени выраженности пластической деформации и заканчивается разрывом.

Кость в этом отношении не является исключением, и формирование перелома рассматривают с позиций механики разрушения твердых тел, которая выделяет два механизма разрушения: микроскопический, связанный с образованием микротрещин, и макроскопический, характеризующийся образованием магистральной трещины, разделяющей объект на части. Изучение деформации костной ткани электротензометрическим методом показывает, что в начале нагружения кость, воспринимая нагрузку, не деформируется. Это так называемый период жесткости, продолжительность которого зависит от формы кости и ее поперечного сечения. Далее наблюдается увеличение внутренних напряжений – период пропорциональности, переходящий в период текучести, когда эта пропорциональность нарушается. Период текучести для кости, относящейся к материалам с хрупко-пластическими свойствами, также короток. Затем следует взрывообразное формирование перелома, занимающее по времени около 0,0025 секунды.

Исследования последних лет показали, что в формировании перелома можно выделить микро- и макроскопический механизмы разрушения [Янковский В.Э., Клевко В.А., 1990; Хачатрян А.С., 1990; Горяинов О.П., 1992]. Это подтверждается обнаружением

микротрещин в костях при под пороговых нагрузках. Во время деформации кости в ней накапливается потенциальная энергия, которая «снимается» образующимися микротрещинами. Первые микротрещины появляются при нагрузке, составляющей около 5-8 % от предельной. Дальнейшая деформация требует последовательного поступления энергии. Число микротрещин возрастает, их количество за «критической массой» реализуется в образовании магистральной трещины.

Во время деформирования кости микротрещины появляются прежде всего в критических участках, так называемых концентраторах напряжений (лакуны остеоцитов, фолькмановские и гаверсовы каналы, участки с повышенной минерализацией, линии цементации). Эти неоднородности расположены таким образом, что при выполнении костью физиологической функции вокруг них внутренние напряжения не концентрируются. В нефизиологических условиях они выступают в роли концентраторов напряжения и инициируют появление микротрещин.

Интересные данные о прочности костей можно найти в работах отечественных анатомов [Обысов А.С., 1971 и др.]. Так, например, изолированная бедренная кость, поставленная вертикально, выдерживает давление груза в 1,5 т. Большеберцовая, наиболее массивная кость, на которую опирается бедренная, а с нею и вся тяжесть тела, выдерживает большее давление — 1,6-1,8 т. Прочность кости на растяжение больше, чем у дуба и сосны, в 9 раз превосходит свинец и почти равна прочности чугуна. Нужно приложить на каждый квадратный миллиметр кости силу в 12 кг, чтобы растянуть ее. Интересно отметить, что особой крепостью на сжатие обладают ребра: предел прочности на излом в молодом возрасте колеблется от 85 до 110 кг/см², у людей пожилого и старческого возраста — 40 кг/см². Предел прочности у позвонков составляет 26 кг/см², а у межпозвоночных дисков — от 68 до 137 кг/см².

Занятия физическими упражнениями способствуют повышению механических свойств костей и увеличивают их сопротивляемость на излом, изгиб, растяжение, кручение. Установлено, что у борцов губчатое вещество тел позвонков приобретает крупноячеистую структуру, межпозвоночные диски утолщаются. У стрелков из пистолета кости правой (рабочей) руки становятся более прочными за счет утолщения компактного вещества кости. То же самое происходит у фехтовальщиков, метателей, теннисистов.

ПЕРЕЛОМЫ КОСТЕЙ ЧЕРЕПА

При импрессионных – ударных травмах тупыми предметами, вес которых существенно меньше массы головы, переломы костей носа обычно образуются при ударах с силой 17 кгс и более, переломы альвеолярных отростков верхней челюсти с силой 25–30 кгс и более, а переломы нижней челюсти, в зависимости от их локализации и направления воздействия, при ударах с силой 80–100 кгс и более.

При травме металлической полусферой и шаром диаметрами 10 см в лобные, теменные и височные области свода головы линейные трещины внутренней пластинки длиной от 2 до 4 см, а затем и оскольчатые переломы указанных костей толщиной 0,3–0,5 см возникают при силе ударов 250–300 кгс, а при 400–500 кгс они распространяются на основание черепа. При этом ушибленные раны в зоне соударения образуются далеко не всегда, хотя нередко и отмечается раздавливание глубоких слоев кожи [Шалаев Н.Г., 2000].

По данным С.А.Корсакова (1977), переломы костей свода черепа в виде трещины внутренней костной пластинки (начало образования перелома) возникают при ударах с силой от 2186 Н до 2657 Н. При ударах головой о тупой широкий предмет начало появления трещин отмечается при ударах с силой свыше 3121,5 Н.

Единичные трещины в передней черепной ямке при ударах лобно-теменной областью головы о широкий тупой предмет возникают при силе удара 3922 Н. Появление единичных трещин в задней черепной ямке при тех же условиях травмы отмечается при силе удара 4217 Н. Средняя величина силы, необходимой для более значительных переломов костей передней черепной ямки, составляет 4805,4 Н. Дальнейшее увеличение повреждений основания черепа происходит при нанесении ударов с очень большой силой. Например, при ударах лобно-теменной областью головы о широкий предмет с силой от 5511 до 6962,9 Н переломы (трещины), возникающие в передней черепной ямке, распространяются в среднюю; при силе ударов от 7257,1 до 10689,6 Н, наряду с трещинами свода черепа, возникают переломы костей основания не только передней и средней, но и задней черепной ямки [Маслов А.В., 1970].

При ударах по своду черепа молотком с площадью бойка 12 см: с силой 200–500 кг образуются вдавленные переломы, при

силе 600 кгс – дырчатые, а при большей силе воздействия от краев дырчатого перелома отходят трещины

Таким образом, объем и морфология локальной травматизации при импрессионной травме прежде всего определяется удельной силой удара.

Травмы тупыми предметами с большой массой и площадью контактирующей поверхности (транспортные, при падении с большой высоты) имеют свои особенности.

В экспериментах на трупах и при математических расчетах в процессе производства экспертиз в случаях причинения травм, обстоятельства которых очевидны, установлено, что затылочная и теменные кости более прочны, чем лобная и чешуя височных [Громов А.П., 1979 и др.].

При ударных воздействиях предметами с большой массой и твердой преобладающей плоской поверхностью в лобную и затылочную области, начальные признаки их разрушения в виде небольших трещин внутренней пластины возникают при силе удара около 400 кгс, но не в очаге травматизации, а в передней либо задней черепной ямках. При силе удара 500 кгс часто образуются трещины надглазничных отростков лобной кости (крыши глазницы) и в задней ямке затылочной кости.

При силе удара 600 кгс – указанные трещины распространяются через пирамидки височных костей; при силе 800 кгс они разветвляются, а при 900 кгс – пересекают все ямки, сочетаясь с разрывами венечного (лямбдавидного) и стреловидного (сагиттального) швов свода. При силе удара 1000 кгс возникают оскольчатые переломы с общей деформацией черепа, а при 1100 кгс – полное его разрушение.

Таким образом, при ударах по своду головы тупыми предметами с большой площадью контакта либо ударах о них при падениях, ввиду общей деформации черепа, разрушение его начинается не в месте воздействия, как это имеет место при импрессионной травме, а в менее прочных костях основания и, как правило, сочетается с противоударными (кавитационными) ушибами мозга, которые не наблюдаются при импрессионных травмах, наносимых предметами с небольшой массой, что является критерием дифференциальной диагностики [Крюков В.Н., 1966 и др.].

Ввиду эластичности и смещаемости костей черепа у новорожденных, они относительно устойчивы к разрушению. Первые трещины теменных костей возникают при ударах с силой 200 кгс, при силе 400 кгс наблюдается крестообразное растрескивание их в области теменных бугров.

При сдавлении в зависимости от возраста, формы черепа, толщины костей, компрессии в сагиттальной либо фронтальной проекциях, череп разрушается при воздействии 800–1200 кгс и более. В отличие от ударных травм такой же силы, кавитационные «противоударные» повреждения мозга при этом также возникают [Шалаев Н.Г., 2001], как и переломы «на отдалении», вследствие общей деформации черепа.

Установить силу удара, повлекшего перелом черепа, по его морфологическим проявлениям возможно:

- 1) путем прямого сопоставления информативных (в энергетическом отношении) проявлений оцениваемого перелома с критериями оценки по экспериментальным данным;
- 2) путем расчетной оценки по алгоритму С.А.Корсакова (1977);
- 3) путем расчетной оценки по методу, разработанному на кафедре судебной медицины ВМедА им.С.М.Кирова [Белых АН., 1990].

Установление силы удара, повлекшего перелом черепа,
прямым сопоставлением

Морфологическая характеристика исследуемого перелома черепа сопоставляется со сходной характеристикой переломов, полученных экспериментальным путем при дозированных ударных воздействиях (табл. 1–3), в соответствующей графе отыскивается показатель силы удара, соответствующий данному объему повреждения.

Пример. При исследовании трупа лица, умершего от черепно-мозговой травмы, обнаружена единичная трещина длиной 0,9 см, располагавшаяся в пределах задней черепной ямки, не достигающая до большого затылочного отверстия 1,6 см.

По критериям оценки табл. 1 устанавливается, что сила удара, повлекшего перелом, составляет около 430 кгс, но не достигает 520 кгс [Белых АН., 1990].

Недостатком способа является отсутствие критериев оценки для переломов черепа от ударов в височные, в теменные и лобную области, невозможность установления силы удара предметом с ограниченной поверхностью, невозможность учета индивидуальных особенностей, влияющих на прочностные свойства черепа (толщина кости, средняя кривизна повреждаемого участка черепа, возраст травмируемого), а также площади соударения.

Таблица 1

Признаки, характеризующие повреждения черепа при дозированных по силе ударах (критерии оценки) в затылочную область не выше уровня затылочного бугра (плоскость соударения широкая, неограниченная)

	Информативные характеристики перелома		Сила удара, кгс
	свода черепа, в т. ч. передние и верхние пределы распространения перелома	основания черепа, в т. ч. передние пределы перелома	
Информативных данных нет	Одиночные трещины длиной 0,5–1 см, в пределах задней черепной ямки, не доходя 1,5–2 см до большого затылочного отверстия		430
Информативных данных нет	То же, длиной 2–3 см, в 1,5–2 см от заднего края пирамиды височной кости		520
Выше крестообразного возвышения	+ длиной 3,5–5 см, у заднего или бокового краев большого затылочного отверстия, или до заднего края пирамиды, либо в 3–4 см латеральнее яремного отверстия		От 520 До 580
Информативных данных нет	Пересечение продольных трещин косопоперечными, перелом достигает заднего края пирамиды		580
Оскольчатый перелом на месте соударения	Пересечение продольных трещин косопоперечными, перелом достигает заднего края пирамиды		От 580 До 600
Оскольчатый перелом на месте соударения + + свободно располагающиеся отломки	До крыльев основной кости, боковых краев турецкого седла, в пределах средней черепной ямки		600

Таблица 2

Признаки, характеризующие повреждения черепа
при дозированных по силе ударах в затылочную область
головы выше затылочного бугра на 3-4 см

Информативные характеристики перелома свода черепа, в т. ч. передние и верхние пределы распространения перелома		Сила удара, кгс
	основания черепа, в т. ч. передние пределы перелома	
Единичные трещины 0,5-2 см длиной	Информативных данных нет	800
До задних отделов теменной кости, иногда с частичным расхождением венечного или стреловидного швов	До боковых краев большого затылочного отверстия, заднего края пирамиды височной кости, у краев тела основной кости с дополнительными трещинами	820
Уровень затылочного бугра либо вершина венечного шва	Края большого затылочного отверстия, либо основание пирамиды височной кости, с дополнительными трещинами	854
Расхождение венечного шва на 7 см с дополнительными трещинами, оскольчатыми переломами внутренней костной пластинки, распространением трещин на заднюю часть теменной кости длиной 3 см	Информативных данных нет	860
Информативных данных нет	Треугольные осколки в верхней части задней черепной ямки, выступающие в полость черепа на стороне удара	880
Информативных данных нет	Циркулярный перелом между крышами глазниц и крыльями основной кости, повреждены все черепные ямки	900
Не далее теменной кости	Продольные и поперечные трещины билатерально через среднюю черепную ямку, многооскольчатый перелом	1100
Многооскольчатый перелом свода и основания черепа	Многооскольчатый перелом	Свыше 100-1200

Продолжение таблицы

Информативные характеристики перелома		Сила удара, кгс
свода черепа, в т. ч. передние и верхние пределы распространения перелома	основания черепа, в т. ч. передние пределы перелома	
Многооскольчатый перелом на стороне удара + расхождение венечного и стреловидного швов	Распространение перелома до малых крыльев или турецкого седла основной кости + билатеральный перелом средней черепной ямки	1400
Информативных данных нет	Все три черепные ямки до петли затылочного гребня и глазничной щели	1450-1700
Мелко- и крупнооскольчатый перелом	Мелко- и крупнооскольчатый перелом	1900

Таблица 3

Признаки, характеризующие повреждения черепа при дозированных ударах в лобно-теменную часть головы (поверхность соударения широкая)

Информативные характеристики перелома		Сила удара, кгс
свода черепа, в т. ч. передние и верхние пределы распространения перелома	основания черепа, в т. ч. передние пределы перелома	
Информативных данных нет	Единичные трещины, 0,9-1,5 см в передних и средних третях глазничных отростков, не далее лобно-основного шва	400
Информативных данных нет	Две трещины, параллельные продырявленной пластинке решетчатой кости справа и слева	510
Информативных данных нет	Свыше 2 трещин длиной 2,5-3 см, не пересекаемых другими трещинами, распространяющихся на среднюю и наружную трети лобных отростков	
Информативных данных нет	Продольные трещины в передней черепной ямке, соединенные косыми и поперечными трещинами	От 510 до 600
Информативных данных нет	+ отломки в латеральной части свободного края малых крыльев основной кости	600

Установление силы удара, повлекшего перелом черепа, путем расчетной оценки перелома по алгоритму С.А.Корсакова (1977) и расчетной оценки по методу, разработанному на кафедре судебной медицины ВМедА им.С.М.Кирова [Белых А.Н., 1990]

Методы требуют сложных приспособлений для измерения, которые для указанных целей промышленностью не выпускаются, а изготовление их затруднительно из-за нестандартной шкалы измерений (способ С.А.Корсакова); определение высоты дуг, характеризующих среднюю кривизну исследуемого (или контралатерального) участка черепа осуществляется по высоте подъема ползунка измерителя с миллиметровой шкалой (при постоянной длине хорды 8 см) — метка А.Н.Белых (1990).

Оба метода не учитывают величину площади соударения головы с повреждаемым предметом. Их использование связано с расчетами по сложным многокомпонентным математическим формулам.

ПЕРЕЛОМЫ ГРУДИНЫ И РЕБЕР

При ударных травмах, в экспериментах с падением трупов на брус шириной 6 см и соударением с ним передней стороной груди на разных уровнях переломы рукоятки грудины и II-V ребер, а также переломы тела грудины и III-VII ребер возникали при силе удара 570–700 кгс, переломы мечевидного отростка и VI–IX ребер — 350–400 кгс, а при соударении ниже мечевидного отростка с силой 350 кгс наблюдались переломы VIII–XII ребер. Сила удара, причиняющая переломы единичных ребер, в зависимости от их уровня, локализации и прочностных характеристик варьирует от 30 кг по среднеключичной линии до 50–60 кгс — по лопаточной линиям [Бутуев Г.Т., 1969].

При компрессии усилие, необходимое для переломов ребер, колеблется по величине в зависимости от формы грудной клетки, проекции сдавления, возраста и сокращения межреберных мышц во время травмы.

Переломы нескольких ребер и грудины возникают при ударах, нанесенных с большой или очень большой силой. По данным Г.С.Бачу (1980), при падении из положения стоя и ударе передней поверхностью грудной клетки о деревянный брусок шириной 6 см в экспери-

ментах на трупах в зависимости от места удара и его силы образуются следующие переломы. При ударе ниже мечевидного отростка с силой до 3471,6 Н образуются симметричные переломы VIII-X, XI и XII ребер; при ударе областью мечевидного отростка с силой 3471,6-4050,2 Н – двусторонние переломы VI-IX ребер; при ударе областью тела грудины с силой 5786,1-7012,0 Н возникают переломы III-VII ребер и грудины на уровне II-IV ребер; при ударе областью рукоятки грудины с силой 5688,0-6943,3 Н – переломы II-V ребер, перелом грудины на уровне II-III ребер (в месте перехода рукоятки в тело).

При прочих равных условиях грудные клетки цилиндрической формы начинают разрушаться при силе давления 300-350 кгс, плоские и конические – при 170-200 кгс. У лиц пожилого возраста переломы ребер образуются уже при фронтальной нагрузке 120 кгс. При сдавлении с силой 750-1000 кгс возникают переломы ребер по двум, а при 1500 кгс и более – по трем линиям (передне-, средне- и заднеподмышечным).

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА И ТАЗА

А.А.Саблин (1963) для испытания на сжатие брал 1 поясничный межпозвоночный диск вместе с телами XII грудного и I поясничного позвонков. Для создания одинаковых условий эксперимента указанный фрагмент фиксировали так, чтобы между зажимами машины находился только один диск с прилежащими телами позвонков высотой в 5 мм. Испытания на сжатие проводились на прессе Гагарина. Участок межпозвоночного диска с телами позвонков ставили под пресс. С включением монитора нагрузка начинала расти и писчик вычерчивал на миллиметровой бумаге кривую сжатия.

В результате был составлен график, имеющий вид двухступенчатой кривой.

Начальная ее ступень отражала напряжение, возникающее в теле позвонка. Она постепенно возрастала от 40 кг до 600 кгс. Затем сжатие продолжалось без увеличения нагрузки, на графике этот момент выглядел в виде площадки. После этого нагрузка возрастала до 1500-2000 кгс. Кроме этого, изучались межпозвоночные диски на растяжение, для чего применялась разрывная машина Шопера (тип МФ-100). В результате проведенных испытаний оказалось, что для разрыва диска достаточно было силы от 198 кгс до 248 кгс.

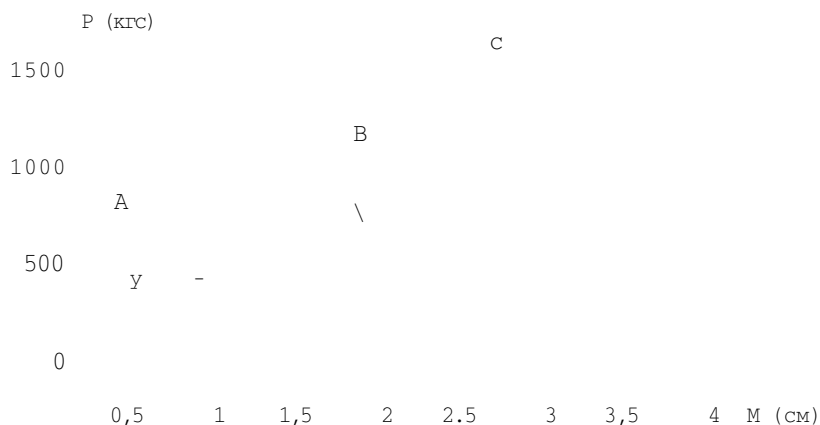


График сжатия межпозвонкового диска с телами позвонков
(по А.А.Саблину) .

А – первая ступень возрастания нагрузки; В – сжатие без увеличения нагрузки, С – нарастание силы до разрушения хряща.

С увеличением возраста изменяется сопротивляемость дисков по отношению к таким нагрузкам, как сжатие и растяжение. Для предельного сжатия диска, взятого от трупов мужчин 24–36 лет, требуется нагрузка от 800 кгс до 2200 кгс, тогда как для предельного сжатия дисков, взятых от трупов женщин 27–39 лет, сила колеблется от 500 кг до 1000 кг. Сила для предельного растяжения межпозвонковых дисков у мужчин 24–40 лет колеблется от 150 кгс до 255 кгс. Нагрузка, требуемая для предельного сжатия, была значительно выше (в 2,5–5 раз), чем для растяжения. Сила, требуемая для предельного сжатия дисков, взятых от трупов мужчин 61–74 лет, колеблется от 500 кгс до 880 кгс, тогда как у женщин для сжатия аналогичных образований требуется от 350 кгс до 750 кгс. Значительно меньшая нагрузка нужна для растяжения дисков – 160–220 кгс. После 60 лет в межпозвонковых дисках наблюдаются дегенеративные изменения. Они теряют влагу, высыхают, уплотняются и утрачивают свои физиологические свойства: тургор и эластичность. Высыхая, диски уменьшаются в объеме, уменьшается их высота.

Позвоночник чаще всего травмируется в шейном и верхнегрудном отделах (где он менее прочный), как при ударах сзади, сбоку, спереди, так и при компрессии в продольном либо поперечном направлении, а также чрезмерном сгибании либо разгибании, в час-

тности, при падениях, в том числе, при целости костей черепа. Согласно предписаниям «Правил», в таких случаях он подлежит обязательному детальному исследованию.

Ориентировочные прочностные характеристики позвоночника при различных механизмах тупых травм характеризуются следующими показателями.

При ударах в шею сзади с силой от 50 кгс до 120 кгс возникают переломы остистых отростков и дужек, а при ударах сбоку – остистых и поперечных отростков.

При сгибании шейного отдела позвоночника в экспериментах на трупах спереди под углом 90° и более (для чего необходима сила 100 кгс и более), возникают разрывы межостистых связок, отрывные переломы остистых отростков либо дужек, чаще всего II – III шейного позвонков, переломы-разрывы атланто-окципитального сочленения. Аналогичные разрывы, но передних связок, наблюдаются при резком запрокидывании головы назад, например, при ударе в подбородок либо при ударах транспортом в верхнюю треть спины.

При растяжении шейного отдела позвоночника, что может иметь место при фиксации потерпевшего за голову и волочении его (особенно рывками), а также при рывке петель при повешении, разрывы мышц, связок, межпозвонковых дисков возникают при силе 350 и более кгс. Прочность позвоночника при сжатии по продольной оси варьирует от 350–400 кгс в шейном отделе до 700–1000 кгс и более – в поясничном отделе [Плаксин В.О., 1976; Коновалов А.И., 1983; Горяинов О.П., 1992 и др.].

Кости таза разрушаются при ударных и компрессионных травмах с силой 1000–2000 кгс, что наблюдается обычно в случаях транспортных травм и падений с большой высоты [Матышев А.А., Семенников В.С., 1972 и др.].

Локальные трещины и переломы гребней подвздошных и горизонтальных ветвей лобковых костей могут возникать и при сильных ударах «ручными» твердыми тупыми предметами, обутыми ногами, что неоднократно наблюдалось в наших экспертизах.

ПЕРЕЛОМЫ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

Определением количества энергии, необходимой для перелома длинных трубчатых костей ударом на копье Шарпи первыми из судебных медиков занимались К.И. Татиев и Д.М. Кобызев.

(1949). Запас энергии во взвешенном маятнике копра, с помощью которого производились эксперименты, равнялся 3 Дж. Расстояние между опорами копра равнялось 40 мм. Маятник поднимали под углом 180° и удерживали. После освобождения маятник падал, разрушая испытуемый образец. На работу по деструкции материала маятник затрачивал часть своей энергии, после чего вновь поднимался до определенного угла, который указывался стрелкой по шкале. Разность запаса энергии маятника до удара и после равна работе, затраченной на разрушение испытуемого образца. Эту работу можно определить по шкале на аппарате и по соответствующим таблицам. Авторы произвели 104 эксперимента на 56 костях. Материал брали от трупов людей, погибших от травмы в возрасте от 20 до 30 лет. Ниже помещена табл. 4 с результатами опытов

Таблица 4

Прочностные характеристики длинных трубчатых костей

Наименование костей	Работа, затраченная на излом, Дж		
	верхнего эпифиза	диафиза	нижнего эпифиза
Бедренная	4,220	3,824	7,597
Большая берцовая	4,101	3,738	2.598
Малая берцовая	1,561	0,846	1,383
Плечевая	4,187	3,333	2.675
Локтевая	2,033	1.075	1.075
Лучевая	2,150	1.560	1.556
Ключица	—	1,383	—
Кости фаланг пальцев кисти	—	1.353	—
Кости фаланг пальцев стопы	—	1.363	—

Усредненные прочностные характеристики длинных трубчатых костей при деформации изгиба следующие:

- плечевая — 240–350 кг;
- лучевая — 380–440 кг;
- локтевая — 360–470 кг (в зависимости от уровня перелома и пола),
- бедренная — 310 кг;
- большеберцовая — 310–400 кг, а при ударе в область гребня — до 750 кг.

При экспертной оценке этих переломов следует иметь в виду, что указанные прочностные характеристики получены в

экспериментах с изолированными мацерированными костями, т. е. без учета той энергии, которая расходуется на преодоление сопротивления надкостницы, кожи, сократившихся мышц либо многослойной одежды и обуви, экранирующих область воздействия, влияния остеопороза и других патологических процессов [Янковский В.Э., 1974, Саркисян В.А., 1977; Хачатрян А.С., 1990 и др.].

Приведенные выше данные не касаются травм внутренних органов. Тем не менее некоторое представление о силе ударов, приводящих к повреждениям этих органов, они могут дать. Например, при ушибах головного мозга без повреждения костей черепа сила удара, причинившего травмы мозга, должна быть меньше минимальной силы, необходимой для возникновения переломов. При этом нужно учитывать механизм травмы (удар по голове или головой о тупой предмет), место приложения силы, размер ударяющей поверхности и т. д. В зависимости от этих условий, а также от особенностей повреждений головного мозга (у живых людей – и от тяжести ушиба) сила удара при отсутствии повреждений костей свода и основания черепа может быть значительной или большой.

Следует учитывать, что сила удара кулаком мужчины, даже не занимающегося физической работой, может быть более 5000–6000 Н, в связи с чем при таком ударе могут возникать повреждения оболочек и вещества головного мозга, причем при ударах в область лица и очень быстром наступлении смерти потерпевшего повреждения мягких тканей лица могут и не возникнуть (особенно при ударах в область подбородка). При этом могут наблюдаться лишь небольшие кровоподтеки, поверхностные ушибленные раны или ссадины.

Вопрос о силе удара, приводящего к повреждению крупных внутренних органов грудной и брюшной полостей, требует дальнейшего изучения. Однако, учитывая закрытость этих органов, глубину залегания, их топографию и особенности повреждений (от кровоизлияний до разрывов и размозжений), следует оценивать силу ударов, необходимую для их повреждений, в зависимости от обширности травмы, по меньшей мере, как значительную или большую. Очевидно, что при грубых разрушениях речь может идти только об очень большой силе удара

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При экстренной экспертной оценке повреждений и изучении возможности их причинения при тех или иных обстоятельствах следует иметь в виду, что:

- сила удара кулаком мужчины составляет около 500–600 кгс. в результате чего у ударяющих нередко травмируется кисть, на что следует обращать внимание при осмотре подозреваемых;

- сила удара ногой больше, чем кулаком, и эффект удара резко возрастает, если стопа обута в жесткую обувь [Белых А. Н. . 1993];

- сила соударения головой с преградой при свободном падении навзничь, в зависимости от роста, массы тела потерпевшего, длины шеи и массы и формы головы, варьируется от 500 кгс до 800 кгс, а в случаях, когда падение обусловлено толчком, придавшим телу значительное ускорение, она достигает 1500–2000 кгс, что и предопределяет тяжесть травмы головы, органов и тканей шеи (подлежащей обязательному послойному исследованию);

- сила удара транспорта при наезде на пешехода при скорости 60 км/ч эквивалентна свободному падению с четвертого-пятого этажа (12–15 м) жилого дома;

- сила соударения нефиксированного тела пассажира с деталями салона автомобиля, столкнувшегося при скорости 75 км/ч с несмещаемой преградой, достигает 4000 кгс, а масса органов от перегрузки «возрастает» до 20 раз, что предопределяет объем их инерционной травматизации;

- объем повреждений резко снижается при удлинении времени передачи кинетической энергии телу, при способности к деформации поражаемой области либо орудия, при увеличении площади соударения и поглощения части силы одеждой, экранирующей зону травматизации;

– объем повреждений резко возрастает у лиц, прочностные характеристики тканей и органов которых снижены ввиду патологических либо возрастных изменений

Резюмируя изложенное, необходимо подчеркнуть, что приведенные усредненные прочностные характеристики тканей человека относительны, так как они зависят от многих внешних и внутренних факторов и предполагают консолидированный анализ всех обстоятельств происшествия, механизмов травмы и морфологических особенностей повреждений с учетом наличия, характера одежды в месте воздействия, твердости орудия, его площади и скорости соударения, других особенностей в их совокупности

* * *

Мы сделали попытку показать, какие большие возможности для судебно-медицинского эксперта открывает применение законов физики, в частности теоретической механики, при изучении сопротивляемости биологических тканей механическим нагрузкам.

Как уже отмечалось, почти все испытания биологических объектов проводились на тканях, взятых от трупов людей в первые часы после смерти. Однако для выяснения разницы в упруго-вязких свойствах между «мертвыми» и «живыми» тканями ученые проводили испытания на аналогичных тканях, взятых от крупных животных. Опыты на костях и хрящах собак показали, что удельная ударная вязкость, предел прочности и относительное удлинение в течение первых 3 суток после смерти остаются такими же, как и у живого объекта [Обысов А.С., 1971], что создает объективные предпосылки для экстраполяции экспериментальных данных на конкретные ситуации травм при жизни.

ЛИТЕРАТУРА

- Бахметьев В. И. и др. Механизмы и морфология переломов длинных трубчатых костей.— Новосибирск. 1996.
- Бачу Г. С. Сопротивляемость и повреждения грудной клетки при ее компрессии.— Кишинев, 1980.
- Белых А.Н. Определение силы удара, обусловившего перелом черепа, в судебно-медицинской практике: Уч.-метод, рекомендации для курсантов и слушателей Военно-медицинской академии им.С.М.Кирова.— Л.. 1991.
- Бугуев ГЛ. Обоснование судебно-медицинских критериев повреждений скелета грудной клетки при травме тупыми предметами: Автореф. дисс... канд. мед. наук.— Барнаул, 1969.
- Быков В.Л. Цитология и общая гистология.— СПб.: Сотис, 2001.
- Быков В.Л. Частная гистология человека.— СПб.: Сотис, 2001.
- Ванагс И.Э., Саулгозис Ю.Ж. Прочностные характеристики стенки пищевода в норме и при патологии // Вопросы судебно-медицинской экспертизы: Сб науч. статей,— Рига: Изд-во МЗ Латв. ССР, 1990.— С. 26-30.
- Горяинов О. П. Закономерности микроразрушений диафизов длинных трубчатых костей нижних конечностей в зависимости от вида внешнего воздействия: Автореф. дисс... канд. мед. наук.— М., 1992.
- Громов А.П. Биомеханика травмы.— М.: Медицина, 1979.
- Громов А.П., Науменко В.Г. (ред.) Судебно-медицинская травматология.— М.: Медицина, 1977.
- Капустин А.В. Об экспертной оценке силы ударов тупыми твердыми предметами // Судебно-медицинская экспертиза.— 1999.— № 1.— С. 18-20.
- Коновалов А.И. Судебно-медицинское установление механизмов образования переломов грудного отдела позвоночника при ударах твердыми тупыми предметами и при падении с высоты: Автореф. дисс... канд. мед. наук.— М., 1983.
- Концевич И.А. Судебно-медицинская диагностика strangulаций.— Киев: Здоров'я, 1968
- Крюков В.Н. Основы механо- и морфогенеза переломов.— М.: Медицина, 1995

Крюков В.Н. Повреждения плоских и длинных трубчатых костей при воздействии тупыми орудиями: Автореф. дисс... д-ра мед. наук.—М., 1966.

Матышев А.А. Морфологическая характеристика и судебно-медицинская экспертиза повреждений тела при смертельной тупой травме: Автореф. дисс... д-ра мед. наук.—Л., 1975.

Михелсон М.О., Ванагс И.Э., Пфафрод Г.О. Деформирование и разрушение трахеи и главных бронхов человека // Современные проблемы биомеханики.—Рига: Зинатне, 1985 — Вып. 2.—С. 132-150.

Мищенко Ж.Д. Судебно-медицинские критерии механизмов травмы лицевого скелета при действии тупых предметов: Автореф. дисс... канд. мед. наук.—Барнаул, 1971.

Молин Ю.А. Судебно-медицинская экспертиза повешения.—СПб.: Мир и семья, 1996.

Обысова А.С. Надежность биологических тканей.—М: Медицина, 1971.

Обысова А.С., Николаев В.Р. Резервы организма человека.—М: Медицина, 1972.

Плаксин В. О. Судебно-медицинские критерии обстоятельств происшествия в случаях травмы шейного отдела позвоночника: Автореф. дисс... канд. мед. наук.—Барнаул, 1976.

Саркисян Б.А. Экспертная оценка особенностей переломов костей плеча и предплечья: Автореф. дисс... канд. мед. наук.—Барнаул, 1977

Семенников В. С. Судебно-медицинские критерии механизмов травмы костей таза: Автореф. дисс... д-ра мед. наук.—Ярославль, 1972.

Хачатрян А. С. Особенности переломов диафизов длинных трубчатых костей нижних конечностей в возрастном аспекте в зависимости от вида внешнего воздействия: Автореф. дисс... канд. мед. наук.—М., 1990.

Шадымова Б., Янковский В.Э., Саркисян Б.А. Влияние условий ударного воздействия на характер разрушений костей черепа // Мат. V Всероссийского съезда судебных медиков.—М.—Астрахань, 2000,—С 203-204.

Шачаев Н.Г. Экспертные критерии установления силы воздействия, необходимой для причинения различных травм (информационное письмо).—Волгоград' Волгоградское Областное бюро судебно-медицинской экспертизы, 2000.

Янковский В. Э. Материалы о биомеханических особенностях длинных трубчатых костей и крупных суставов нижних конечностей Автореф. дисс... д-ра мед. наук.—М., 1974

Янковский В.Э., Саркисян Б.А. Перелом и его морфологические признаки // Ученые записки СПбГМУ им.И.П.Павлова.—2001.—Т. 8. № 4.—С. 110-113.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Основные понятия	5
Анатомические и физические особенности строения кожи	8
Особенности формирования повреждений кожи и других мягких тканей	10
Анатомические и физические особенности строения кости. Общие вопросы формирования переломов	13
Переломы костей черепа	17
Переломы грудины и ребер	23
Повреждения позвоночника и таза	24
Переломы длинных трубчатых костей	26
Заключение	29
Литература	31